

DESEMPENHO DE DIFERENTES TINTAS NA PROTECÇÃO DO BETÃO FACE À ACÇÃO DO DIÓXIDO DE CARBONO



Rui D. Neves

Professor Adjunto
EST Barreiro/IPS
Barreiro
rui.neves@estbarreiro.ips.pt



Fernando Branco

Professor Catedrático
Instituto Superior Técnico
Lisboa
fbranco@ist.utl.pt



Jorge de Brito

Professor Catedrático
Instituto Superior Técnico
Lisboa
jb@ist.utl.pt

SUMÁRIO

No presente trabalho, estudou-se a eficiência de 3 tipos de tinta, com especificações para protecção do betão, na resistência à acção do dióxido de carbono, avaliada em ensaios de carbonatação acelerada. Fizeram-se variar ainda o substrato (betão) e as condições de aplicação da tinta. O trabalho desenvolvido permitiu concluir que, mesmo quando aplicadas em condições diferentes das ideais, as três tintas avaliadas permitem reduzir consideravelmente a velocidade de carbonatação do betão.

Palavras-chave: Betão; Durabilidade; Pintura; Protecção.

1. INTRODUÇÃO

A corrosão do aço no betão é a causa mais frequente de deterioração das estruturas de betão armado. Embora, inicialmente, o aço no interior do betão se encontre protegido contra a corrosão por uma película de óxidos passivantes, essa película é vulnerável à acção do dióxido de carbono e dos iões cloreto que se encontram no meio e que penetram no betão que separa o aço desses elementos. A forma mais económica de prevenir este tipo de deterioração é garantir que a camada de betão que separa o aço do meio, designada por recobrimento, tem qualidade e espessura adequadas. No entanto, devido a questões de ordem estética ou mesmo da própria durabilidade [1], algumas estruturas são pintadas,

situação que altera as condições de exposição, uma vez que se cria uma nova barreira, entre o agente agressivo e as armaduras.

Os sistemas de protecção superficial do betão podem ser divididos em dois grandes grupos: impregnação e revestimento. A pintura, se constituir um filme contínuo e aderente ao betão, com 100 μm a 1 mm de espessura, enquadra-se no último grupo e pode ter desempenho muito variável em função da formulação e do tipo de ligantes utilizados, bem como da qualidade da própria aplicação [2].

Rodrigues [3] considera como propriedades relevantes para a protecção do betão contra a penetração de agentes agressivos, do ponto de vista da corrosão das armaduras:

- a permeabilidade ao vapor de água;
- a resistência à penetração de dióxido de carbono;
- a permeação de água (no estado líquido);
- a resistência à penetração de cloretos.

Podem ser encontrados em [4] detalhes sobre ensaios que permitem caracterizar estas propriedades.

Os dois principais responsáveis pela carbonatação do betão são o dióxido de carbono e a água [5]. Nesta medida, é frequente as tintas destinadas à protecção do betão face à carbonatação serem caracterizadas pela sua resistência à difusão de dióxido de carbono e de vapor de água. Estes valores são, regra geral, indicados em espessura de camada de ar de difusão equivalente.

A resistência à penetração de dióxido de carbono pode ser determinada utilizando o método da célula de difusão [6, 7] ou, em alternativa, através de ensaios de carbonatação acelerada sobre provetes de betão pintados e não pintados (ver 2.4).

2. PROGRAMA EXPERIMENTAL

Seguidamente, descrevem-se as condições experimentais em que o estudo foi desenvolvido.

2.1 Tintas

Dos sistemas de protecção superficial do betão por pintura disponíveis no mercado, foram seleccionados três.

Dada a elevada resistência à difusão de dióxido de carbono das tintas acrílicas [8], estas são as mais utilizadas como pintura anticarbonatação do betão. Nessa medida, foi seleccionada uma dessas tintas para o estudo, que se referenciou como “c”. O seu fabricante preconiza a aplicação em duas a três demãos, com 3 a 8 horas de espera entre demãos, e indica, para uma espessura de filme de 130 μm , uma resistência à difusão de dióxido de carbono de 420 m. Este valor indica que a resistência do revestimento à difusão de dióxido de carbono é equivalente à de uma camada de ar com 420 m de espessura.

Nas obras construídas em meios urbanos e suburbanos, tem-se verificado da parte dos donos de obra uma crescente preferência por tintas que permitam a fácil remoção de inscrições e gravuras imprevistas e não desejadas, correntemente designadas por *graffiti*. Assim, utilizou-se no estudo uma tinta com esta finalidade, que se referenciou como “g”. Trata-se de uma tinta à base de poliuretano alifático, de dois componentes. O seu fabricante preconiza a aplicação em duas demãos, com 4 a 24 horas de espera entre demãos, não indicando características relativamente à resistência à difusão de dióxido de carbono.

As preocupações ambientais têm incentivado o desenvolvimento de tintas “amigas do ambiente”, entre as quais se encontram as tintas de base aquosa. A terceira tinta seleccionada foi uma à base de uma resina acrílica pura de base aquosa, designada no estudo por “q”. O seu fabricante preconiza a aplicação em duas a três demãos, com um mínimo de 24 horas entre demãos. Relativamente à resistência à difusão de dióxido de carbono, não especifica propriedades, indicando que a tinta cumpre as exigências da EN 1504-2 [9] no que diz respeito à protecção contra a penetração de agentes agressivos no betão.

2.2 Betões

Foram utilizadas três composições de betão, apresentando-se no Quadro 1 os materiais utilizados, bem como as respectivas dosagens e ainda os principais parâmetros de caracterização.

Quadro 1. Betões utilizados.

Betão	A	B	C
	(C25/30.S3)	(C40/50.S4)	(C30/37.S3)
Areia fina (kg/m^3)	269	235	330
Areia grossa (kg/m^3)	549	410	410
Brita 1 (kg/m^3)	454	530	530
Brita 2 (kg/m^3)	620	510	525
Cimento II/A-L (kg/m^3)	280	470	370
Água (l/m^3)	170	197	189
Adjuvante (l/m^3)	2.24	4.70	3.70
A/C	0.61	0.42	0.51
Abaixamento (mm)	130	250	140
$f_{c,7}$ (MPa)	31.0	50.5	37.3
$f_{c,28}$ (MPa)	38.5	62.5	42.8

2.3 Aplicação das tintas

As tintas foram aplicadas de três formas distintas:

- duas demãos com 12 horas de espera;
- duas demãos com 48 horas de espera;
- uma demão.

A primeira forma foi aplicada no betão A, a segunda no betão B e a terceira no betão C.

2.4 Carbonatação acelerada

A resistência à carbonatação foi determinada aplicando as condições ambientais previstas na especificação LNEC E 391 [10]: 23 ± 3 °C de temperatura, $60 \pm 5\%$ de humidade relativa e $5 \pm 0.1\%$ de dióxido de carbono.

Os provetes utilizados foram cilindros com 150 mm de diâmetro e 50 mm de altura, obtidos por corte de cilindros com 150 mm de diâmetro e 300 mm de altura. Os cilindros iniciais foram conservados nos moldes até 24 horas após a betonagem e em câmara saturada até a 7 dias, idade em que foram cortados, dando origem aos cilindros finais. Após o corte, os cilindros resultantes foram isolados na sua face curva, com recurso a fita adesiva de alumínio e mantidos durante 3 semanas em sala condicionada com 20 °C de temperatura e 65% de humidade relativa. A pintura das superfícies não isoladas efectuou-se entre 28 e 35 dias de idade. Os provetes pintados foram colocados na câmara de carbonatação acelerada durante 3 meses. Após a sua saída da câmara, foram partidos por compressão diametral e as superfícies de fractura foram aspergidas com solução alcoólica de fenolftaleína, tendo-se medido a profundidade de carbonatação por observação da reacção corada (Fig. 1).

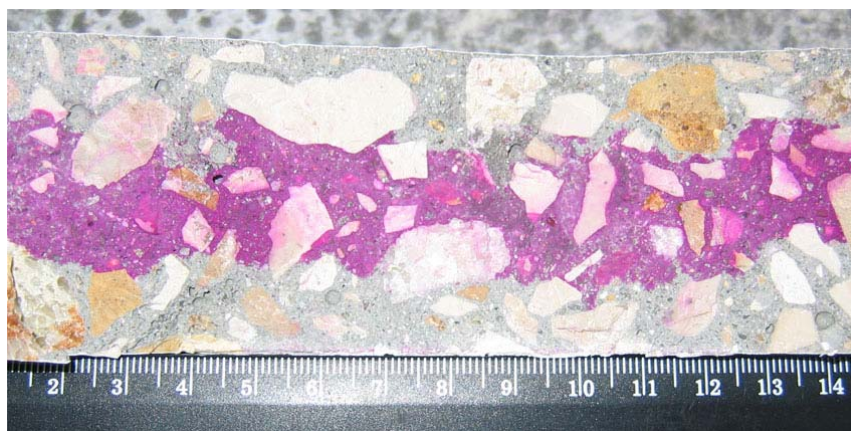


Figura 1. Medição da profundidade de carbonatação num provete pintado.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No Quadro 2 são apresentadas as profundidades de carbonatação médias, medidas em cada par betão - tinta, após três meses de exposição.

Quadro 2. Profundidades de carbonatação (mm).

Betão/Tinta	c	g	q
A	14.3	3.1	1.1
B	1.3	0.2	0.8
C	4.7	2.0	14.4

Paralelamente, foram também colocados na câmara de carbonatação provetes não pintados, das três composições de betão. Dado serem provetes com igualmente 50 mm de espessura e não tendo a resistência adicional à carbonatação, conferida pelo revestimento superficial, dos restantes, a sua permanência na câmara foi limitada a 45 dias. Com base nas profundidades de carbonatação medidas nesses provetes e recorrendo ao modelo de carbonatação da especificação LNEC E 465 [11], efectuou-se uma estimativa da profundidade de carbonatação que os provetes não pintados exibiriam aos 3 meses. Os resultados dessa estimativa são apresentados no Quadro 3.

Quadro 3. Profundidades estimadas de carbonatação aos 3 meses em provetes não pintados.

Betão	A	B	C
Profundidade de carbonatação (mm)	24.3	8.0	18.9

Nas Figs. 2, 3 e 4 é apresentada a comparação entre a resistência à carbonatação acelerada de betões pintados e não pintados.

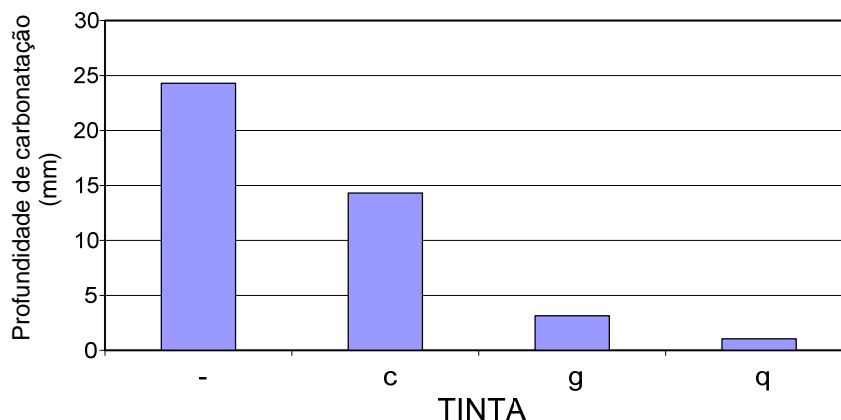


Figura 2. Profundidade de carbonatação nos provetes do betão A, pintados e não pintados.

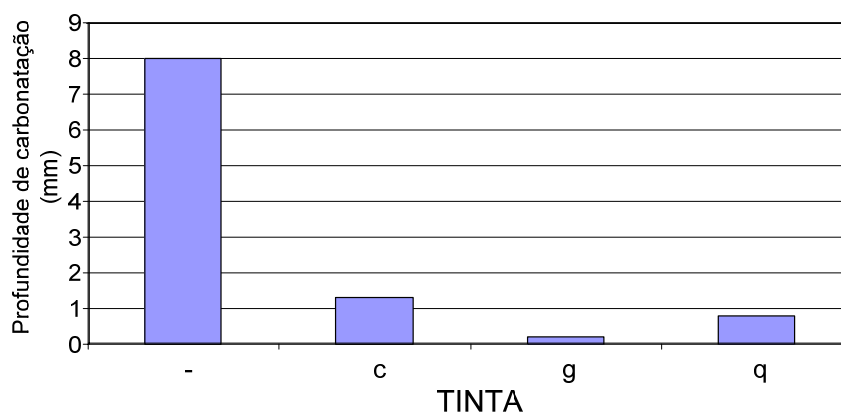


Figura 3. Profundidade de carbonatação nos provetes do betão B, pintados e não pintados.

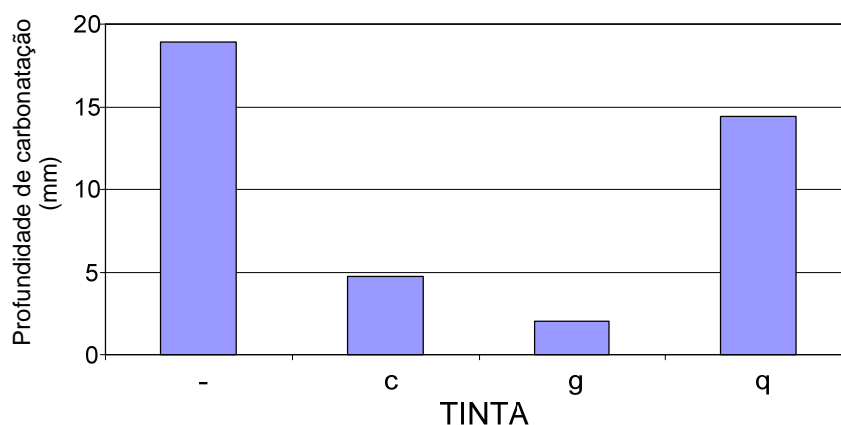


Figura 4. Profundidade de carbonatação nos provetes do betão C, pintados e não pintados.

O desempenho das tintas foi avaliado através da sua eficiência na redução da profundidade de carbonatação, traduzida pelo quociente entre as profundidades de carbonatação nos provetes não pintados e pintados (Quadro 4).

Quadro 4. Eficiência da tinta.

Betão/Tinta	c	g	q
A	1.7	7.8	22.1
B	6.2	40.0	10.0
C	4.0	9.5	1.3

Os resultados obtidos mostram a eficiência das tintas utilizadas na protecção do betão face à carbonatação. De facto, a aplicação de revestimentos por pintura em condições normais (betões A e B) elevou entre 6 a 40 vezes a resistência do betão à carbonatação acelerada.

Dado que para o par betão - tinta A-c o resultado, em termos de eficiência da protecção, foi cerca de metade daquela observada no par C-c, em que foi aplicada somente uma demão de tinta, o primeiro não foi incluído nesta análise. Considera-se a hipótese de se ter verificado uma deficiência, não programada, na aplicação da tinta.

Como seria previsível, a aplicação de uma só demão de tinta, que se traduz na redução da espessura final do revestimento e no aumento da probabilidade de o filme não obturar alguns poros superficiais, reduz a eficiência do revestimento. Ainda assim, para a tinta “g”, conseguiu-se aumentar 10 vezes a resistência à carbonatação acelerada. A tinta que revelou maior sensibilidade a este parâmetro foi a “a”.

As características do substrato também parecem ter influência no desempenho da tinta, uma vez que, por exemplo, a eficiência da tinta “g” foi praticamente idêntica quando aplicada no betão A e no betão C, o que não seria expectável, por neste último ter sido aplicada somente uma demão.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise dos resultados obtidos permite concluir que, mesmo quando aplicadas em condições diferentes das ideais, as três tintas avaliadas permitem reduzir consideravelmente a velocidade de carbonatação do betão. Exceptua-se a situação em que a tinta de base aquosa foi aplicada numa só demão, pois, embora a velocidade de carbonatação tenha sido reduzida, essa redução não pode ser considerada significativa.

Pode-se considerar que, na globalidade, a tinta que exibiu o melhor desempenho foi aquela à base de poliuretano alifático. Todavia, o tipo de solvente utilizado na sua formulação torna-a numa solução mais penalizante em termos ambientais, relativamente à tinta de base aquosa [12].

A constatação de que as características do substrato também parecem ter influência no desempenho da tinta torna a caracterização da resistência à acção do dióxido de carbono preferível em conjunto com o betão onde se pretende aplicar a mesma, do que do sobre o filme de tinta isolado.

Um aspecto fundamental no desempenho de um revestimento por pintura, não abordado neste estudo, é a sua durabilidade. Os factores mais importantes nesta perspectiva são a aderência ao substrato e a resistência ao envelhecimento natural [3]. Esta última característica pode ser avaliada com recurso a ensaios de envelhecimento artificial acelerado. Rodrigues [4] verificou, através da análise de amostras expostas em ambiente natural e artificial, que o tempo durante o qual o revestimento por pintura mantém uma difusibilidade do dióxido de carbono inferior a um máximo aceitável pode variar entre 2 e 12 anos, função do tipo de tinta e das condições ambientais.

De acordo com um exemplo analisado por Reis [13], o custo de uma pintura pode representar cerca de 12% do valor inicial da obra e, caso se considere a manutenção da eficiência da protecção conferida pela pintura ao longo de 100 anos, atinge-se um custo de cerca de 60% do valor inicial da obra.

REFERÊNCIAS

- [1] Gonçalves, A. et al. – “A garantia da vida útil das estruturas de betão armado. A abordagem da especificação LNEC E 465”, *4^{as} Jornadas Portuguesas de Engenharia de Estruturas*. Lisboa, 2006, 10 p.
- [2] Basheer et al. – “Durability of treated concrete”, International Conference “*Protection of Concrete*”. Dundee, 1990, 10 p.
- [3] Rodrigues, M.P. – “Protecção do betão com revestimentos orgânicos”, Seminário “*Prevenção da Corrosão em estruturas de Betão Armado*”. Lisboa, 1996, 29 p.
- [4] Rodrigues, M.P. – “Durabilidade de revestimentos por pintura para protecção do betão armado”, Tese de Doutoramento. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 1998, 448 p.
- [5] Costa, A. – “Durabilidade de estruturas de betão armado em ambiente marítimo”, Tese de Doutoramento. Instituto Superior Técnico, 1997, 545 p.
- [6] NT BUILD 300 – “Paint coatings, organic foil: carbon dioxide diffusion resistance”. NORDTEST, 1985, 12 p.
- [7] EN 1062-6 – “Paints and varnishes – Coating materials and coating systems for exterior masonry and concrete – Part 6: Determination of carbon dioxide permeability”. CEN, 2004, 16 p.
- [8] Simas, M. – “Sistemas de protecção do betão face à carbonatação”, Dissertação de Mestrado. Instituto Superior Técnico, 2007, 81 p.
- [9] EN 1504-2 – “Products and systems for the protection and repair of concrete structures - Definitions, requirements, quality control and evaluation of conformity - Part 2: Surface protection systems for concrete”. CEN, 2004, 50 p.
- [10] E 391 – “Betões. Determinação da resistência à carbonatação”. LNEC, 1993, 2 p.
- [11] E 465 – “Betões. Metodologia para estimar as propriedades de desempenho do betão que permitem satisfazer a vida útil de projecto de estruturas de betão armado ou pré-esforçado sob as exposições ambientais XC e XS”. LNEC, 2005, 26 p.
- [12] Carneiro, C. et al. – “Revestimento acrílico monocomponente de base aquosa para protecção de betão por pintura”, *Corrosão e Protecção de Materiais*, 2009, Vol. 28, Nº3, p. 92-97
- [13] Reis, J. – “Desempenho das estruturas de betão relativamente à durabilidade”, Dissertação de Mestrado. Instituto Superior Técnico, 2008, 102 p.